

T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013692137 **Image available**

WPI Acc No: 2001-176361/200118

XRPX Acc No: N01-128207

X-Y stage position controlling method involves computing translation thrust command value and yawing direction command value based on detection output of linear encoders and regulate X-Y stage movement, accordingly

Patent Assignee: SUMITOMO HEAVY IND LTD (SUMH)

Inventor: MAKINO K; MORI H; TOMITA Y

Number of Countries: 002 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2001022448	A	20010126	JP 99189336	A	19990702	200118 B
JP 3312297	B2	20020805	JP 99189336	A	19990702	200258
US 6584367	B1	20030624	US 2000608068	A	20000630	200343

Priority Applications (No Type Date): JP 99189336 A 19990702

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2001022448	A		12	G05D-003/12	
JP 3312297	B2		10	G05D-003/12	Previous Publ. patent JP 2001022448
US 6584367	B1			G05B-001/00	

Abstract (Basic): JP 2001022448 A

NOVELTY - Y control unit (20) and theta control unit (30) computes translation thrust command value and yawing direction thrust command value based on the mean value and difference value of detection output of linear encoders. Control compensation of stage movement is performed for translation direction movement and yawing direction movement, independently.

DETAILED DESCRIPTION - X-Y stage (63) is driven by Y1 and Y2 linear motors (71,72) along Y-axis. Amount of movement of stage caused by linear motors is measured by linear encoders (76,77). An INDEPENDENT CLAIM is also included for X-Y stage position control system.

USE - X-Y stage position controlling method.

ADVANTAGE - Influence on position accuracy and constant speed properly by disturbance of tensions such as electric supply cable stage piping and thrust ripple of motor is reduced. Reduces yawing error.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the components of X-Y stage position control system.

Y control unit (20)

Theta control unit (30)

X-Y stage (63)

Linear motors (71,72)

Linear encoders (76,77)

pp; 12 DwgNo 1/6

Title Terms: STAGE; POSITION; CONTROL; METHOD; COMPUTATION; TRANSLATION; THRUST; COMMAND; VALUE; YAW; DIRECTION; COMMAND; VALUE; BASED; DETECT; OUTPUT; LINEAR; ENCODE; REGULATE; STAGE; MOVEMENT; ACCORD

Derwent Class: P56; T06

International Patent Class (Main): G05B-001/00; G05D-003/12

International Patent Class (Additional): B23Q-001/30; G05B-011/32;

G05B-011/36; G05B-013/02; G05B-019/18; G12B-005/00

File Segment: EPI; EngPI

?



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2001022448 A

(43) Date of publication of application: 26.01.01

(51) Int. Cl.

G05D 3/12
B23Q 1/30
G05B 11/32
G05B 11/36
G05B 13/02
G12B 5/00

(21) Application number: 11189336

(71) Applicant: SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22) Date of filing: 02.07.99

(72) Inventor:
MAKINO KENICHI
TOMITA YOSHIYUKI
MORI HIDEHIKO

(54) STAGE POSITION CONTROL METHOD AND STAGE POSITION CONTROLLER

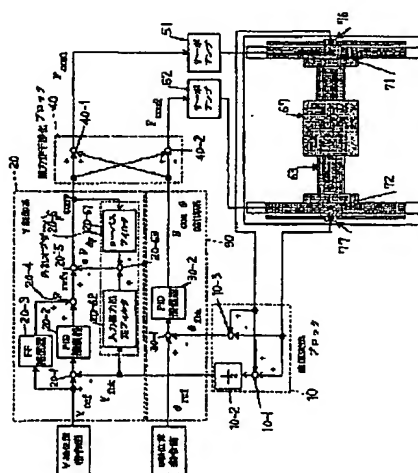
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stage position control method which is suitable for a positioning stage mechanism and can improve positioning precision and constant speed property.

SOLUTION: A Y1 linear motor 71 and a Y2 linear motor 72 which can independently be controlled can translate and drive a Y stage 63 in the direction of a Y-axis. A Y1 linear encoder 76 and a Y2 linear encoder 77 detect the shift quantity of the Y stage and it is fed back to a Y control system 20 and a θ control system 30. The Y control system outputs a translation thrust command value by receiving the average value of respective position detection values measured by the Y1 linear encoder and the Y2 linear encoder as the position feedback value of a stage translation direction. The θ control system receives the difference of the respective position detection values as the position feedback value of a stage yawing direction and outputs a yawing direction thrust command value. A non-interference block 40 outputs a Y1 linear motor thrust command value and a Y2 linear

motor thrust command value from the parallel thrust command value and the yawing direction thrust command value. Thus, the motion of the Y stage is separated into translation direction motion and yawing direction motion and they are independently controlled/compensated.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-22448

(P 2 0 0 1 - 2 2 4 4 8 A)

(43) 公開日 平成13年 1月26日 (2001. 1. 26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード' (参考)
G05D 3/12	305	G05D 3/12	305 L 2F078
	304		304 3C048
B23Q 1/30		B23Q 1/30	5H004
G05B 11/32		G05B 11/32	F 5H303
			A 9A001

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全12頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-189336

(22) 出願日 平成11年 7月 2日 (1999. 7. 2)

(71) 出願人 000002107

住友重機械工業株式会社

東京都品川区北品川五丁目 9 番11号

(72) 発明者 牧野 健一

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
機械工業株式会社平塚事業所内

(72) 発明者 富田 良幸

神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
機械工業株式会社平塚事業所内

(74) 代理人 100071272

弁理士 後藤 洋介 (外 1 名)

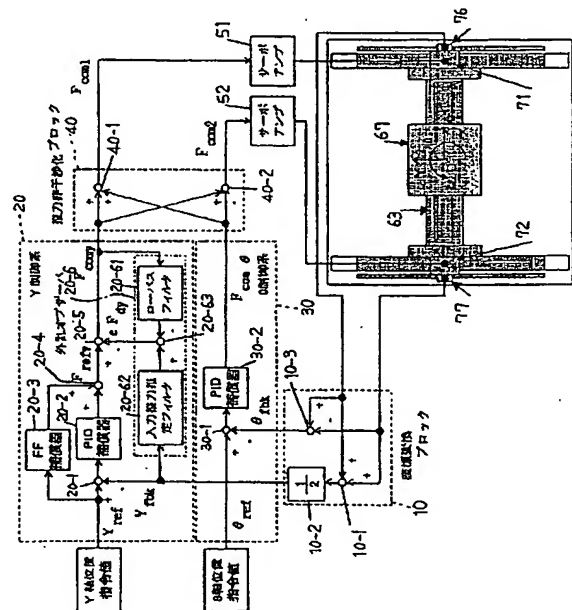
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステージ位置制御方法及びステージ位置制御装置

(57) 【要約】

【課題】 位置決めステージ機構に適し、その位置決め精度、定速性の向上を図ることのできるステージ位置制御方法を提供すること。

【解決手段】 Yステージ63をY軸方向に、独立に制御可能なY1リニアモータ71、Y2リニアモータ72により並進駆動可能とし、Yステージの移動量をY1リニアエンコーダ76、Y2リニアエンコーダ77により検出してY制御系20、θ制御系30にフィードバックする。Y制御系は、Y1リニアエンコーダ、Y2リニアエンコーダによって計測される各位置検出値の平均値をステージ並進方向の位置フィードバック値として受けることにより並進推力指令値を出力し、θ制御系は、前記各位置検出値の差をステージヨーイング方向の位置フィードバック値として受けてヨーイング方向推力指令値を出力する。非干渉化ブロック40は、並進推力指令値とヨーイング方向推力指令値よりY1リニアモータ推力指令値、Y2リニアモータ推力指令値を出力する。以上により、Yステージの運動を並進方向運動とヨーイング方向運動とに分離して独立に制御補償する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ステージを搭載して一軸方向に駆動される駆動軸を独立に制御可能な第 1、第 2 の駆動系により並進駆動可能とし、前記第 1、第 2 の駆動系による移動量をそれぞれ第 1、第 2 の位置検出器により検出して第 1、第 2 のフィードバック制御系によりそれぞれ前記第 1、第 2 の駆動系を制御するステージ位置制御方法において、

前記第 1 のフィードバック制御系は、前記第 1、第 2 の位置検出器によって計測される各位置検出値の平均値をステージ並進方向の位置フィードバック値として受けることにより前記第 1、第 2 の駆動系に並進推力指令値を出力し、

前記第 2 のフィードバック制御系は、前記各位置検出値の差をステージヨーイング方向の位置フィードバック値として受けて前記第 1、第 2 の駆動系にヨーイング方向推力指令値を出力することにより、ステージの運動を並進方向運動とヨーイング方向運動とに分離して独立に制御補償することとを特徴とするステージ位置制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載のステージ位置制御方法において、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値とを加算して前記第 1 の駆動系に出力すると共に、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値との差を算出して前記第 2 の駆動系に出力することにより推力の非干渉化を実現することとを特徴とするステージ位置制御方法。

【請求項 3】 ステージを搭載して一軸方向に駆動される駆動軸を独立に制御可能な第 1、第 2 の駆動系により並進駆動可能とし、前記第 1、第 2 の駆動系による移動量をそれぞれ第 1、第 2 の位置検出器により検出して第 1、第 2 のフィードバック制御系によりそれぞれ前記第 1、第 2 の駆動系を制御するステージ位置制御装置において、

前記第 1、第 2 の位置検出器によって計測される各位置検出値の平均値を算出してステージ並進方向の位置フィードバック値として前記第 1 のフィードバック制御系に出力すると共に、前記各位置検出値の差を算出してステージヨーイング方向の位置フィードバック値として前記第 2 のフィードバック制御系に出力する座標変換ブロックを備え、

前記第 1 のフィードバック制御系は、ステージ並進方向の位置指令値と前記ステージ並進方向の位置フィードバック値との差を算出する第 1 の減算器と、該第 1 の減算器で算出された差を入力として推力目標値を出力する第 1 の PID 補償器と、前記推力目標値から算出される並進推力指令値と前記ステージ並進方向の位置フィードバック値とに基づいてステージ推定外乱力を演算する外乱オブザーバと、演算された前記ステージ推定外乱力を前記推力目標値から差し引くことにより新たな並進推力指令値を算出して前記第 1、第 2 の駆動系に出力する第 2

の減算器とを含み、

前記第 2 のフィードバック制御系は、ステージヨーイング方向の指令値と前記ステージヨーイング方向の位置フィードバック値との差を算出する第 3 の減算器と、該第 3 の減算器で算出された差を入力としてヨーイング方向推力指令値を前記第 1、第 2 の駆動系に出力する第 2 の PID 補償器とを含むことを特徴とするステージ位置制御装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載のステージ位置制御装置において、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値とを加算して前記第 1 の駆動系に出力する第 1 の加算器と、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値との差を算出して前記第 2 の駆動系に出力する第 4 の減算器とから成る推力非干渉化ブロックを更に備えることにより、推力の非干渉化を実現することとを特徴とするステージ位置制御装置。

【請求項 5】 請求項 3 記載のステージ位置制御装置において、前記外乱オブザーバは、前記並進推力指令値をローパスフィルタにてフィルタリングした推力指令推定値と、ステージの逆モデル及びローパスフィルタにて前記ステージ並進方向の位置フィードバック値より推定した入力推力推定値との差分により前記ステージ推定外乱力を演算することとを特徴とするステージ位置制御装置。

【請求項 6】 請求項 3 記載のステージ位置制御装置において、前記ステージ並進方向の位置指令値を入力とするフィードフォワード補償器と、該フィードフォワード補償器の出力と前記第 1 の PID 補償器の出力とを加算して前記推力目標値として出力する第 2 の加算器とを更に備えたことを特徴とするステージ位置制御装置。

【請求項 7】 請求項 3 記載のステージ位置制御装置において、前記第 1、第 2 の駆動系はそれぞれリニアモータであり、前記第 1、第 2 の位置検出器はそれぞれリニアエンコーダであることを特徴とするステージ位置制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ステージ位置制御方法及びステージ位置制御装置に関し、特にステージを X 方向及び Y 方向に駆動するステージ機構に適したステージ位置制御方法及びステージ位置制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 この種のステージ機構の一例を、本出願人により提案（特願平 10-332213 号）されている X-Y ステージ装置について図 3 を参照して説明する。

【0003】 図 3 において、この X-Y ステージ装置の固定部分は上面を静圧軸受け案内面としたベース 60 とベース 60 上に固定された一対のガイドレール 61 及び 62 である。ガイドレール 61、62 はそれぞれ、互い

に対向し合う案内面 61a、62a を持つ。図 3 中、案

内面 61a、62a に沿って Y 軸方向に直線案内される部分は、ガイドレール 61 と 62 との間に配置されて両端に T 字状部を持つ Y ステージ 63 と、X-Y 平面に垂直な Z 軸まわりの回転 1 自由度を持つ 4 個の継ぎ手 64

(2 個のみ図示) を介して Y ステージ 63 の T 字状部の側面に接続された 4 個の静圧空気軸受けパッド 65 (1 個のみ図示) と、Y ステージ 63 の下面に接続された 3 個の静圧空気軸受けパッド 66-1 ~ 66-3 である。なお、静圧空気軸受けパッド 66-3 は、Y ステージ 63 の中心軸に対応する箇所に設けられ、静圧空気軸受けパッド 66-1、66-2 は Y ステージ 63 の中心軸に関してほぼ対称な位置に設けられる。すなわち、静圧空気軸受けパッド 66-1 ~ 66-3 は、それぞれの中心が二等辺三角形を形成するように配置される。Y ステージ 63 は、その延在方向に平行な 2 つの側面が X ステージ 67 を案内するための基準面として形成されている。

【0004】図 3 中、Y 軸方向に直線案内されながら X 軸方向にも直線案内される部分は、Y ステージ 63 をまたぐように組み合わされたコ字形状の X ステージ 67 と、Y ステージ 63 の側面に対向するように X ステージ 67 のコ字形状の内面に接続された 4 個の静圧空気軸受けパッド 69-1 ~ 69-4 と、X ステージ 67 の下面に接続された 3 個の静圧空気軸受けパッド 70-1 ~ 70-3 である。

【0005】Y ステージ 63 は静圧空気軸受けパッド 65 によって、ベース 60 に対する X 軸方向の拘束を非接触に受ける。Y ステージ 63 はまた、静圧空気軸受けパッド 66-1 ~ 66-3 と Y ステージ 63 の自重によって、ベース 60 に対する Z 軸方向の拘束を非接触に受ける。この 2 方向の拘束により Y ステージ 63 は Y 軸方向に運動 (直線案内) 可能となる。

【0006】同様に、X ステージ 67 は静圧空気軸受けパッド 69-1 ~ 69-4 によって、Y ステージ 63 に対する Y 軸方向の拘束を非接触に受ける。X ステージ 67 はまた、静圧空気軸受けパッド 70-1 ~ 70-3 と X ステージ 67 の自重によって、ベース 60 に対する Z 軸方向の拘束を非接触に受ける。これらの構成により、X ステージ 67 は、ベース 60 に対して X 軸方向と Y 軸方向に直線案内される。

【0007】ここでは、Y ステージ 63 の駆動系として、ガイドレール 61、62 上にそれぞれ構成された一対の Y1 リニアモータ 71、Y2 リニアモータ 72 を使用し、X ステージ 67 の駆動系として Y ステージ 63 上に構成された X リニアモータ 73 をそれぞれ使用している。

【0008】この種のリニアモータは周知であるので、Y2 リニアモータ 72 について簡単に説明すると、ギャップにおいて配列した多数の上側永久磁石 72-1 と多数の下側永久磁石 72-2 との間に Y ステージ 63 から延ばしたコイル (図示せず) を配置して成る。

【0009】Y ステージ 63 の 2 つの T 字状部には、ガイドレール 61、62 に設けられた Y1 リニアスケール 74、Y2 リニアスケール 75 と共に Y1 リニアモータ 71、Y2 リニアモータ 72 による移動量を検出するための Y1 リニアエンコーダ 76、Y2 リニアエンコーダ 77 が設けられる。X ステージ 67 には、Y ステージ 63 に設けられた X リニアスケール 78 と共に X リニアモータ 73 による移動量を検出するための X リニアエンコーダ 79 が設けられる。

【0010】このようなステージ装置において、Y ステージ 63 は、2 つの独立した駆動系により並進駆動される駆動軸として考えることができる。そして、このような駆動軸はガントリ軸とも呼ばれる。いずれにしても、このようなステージ構成では 2 つのガイドレール 61、62 間の距離に対し、Y ステージ 63 用の静圧空気軸受け間の距離は短い。このような場合、Y ステージ 63 の移動時に Y ステージ 63 は Z 軸方向まわりの回転運動 (ヨーイング運動) を引き起こしやすい。

【0011】これを避けるには、2 つのガイドレール 61、62 間の距離に対し Y ステージ 63 用の静圧空気軸受け間の距離を長くすることが必要である。しかし、そうにすると、ステージ装置のフットプリントが大きくなる上に、ステージ装置の重量が増して高速な移動が困難になるなどの欠点がある。

【0012】このため Y ステージ 63 を移動する際は、2 個のモータ (Y1 リニアモータ 71 及び Y2 リニアモータ 72) で Y ステージ 63 の両端を駆動する。このとき駆動軸の制御方法としては、一般に次の 3 つの方式が考えられる。

【0013】第 1 の方式を図 4 に示す。図 3 と同じ部分については同一番号を付している。この第 1 の方式では、Y1 リニアモータ 71 と Y2 リニアモータ 72 に対して共通の Y (並進方向) 制御系により、同一の推力指令を与える方式である。Y 制御系は Y 軸位置指令値を指令入力 Y_{ref} とし、Y1 リニアエンコーダ 76 からの位置検出値と Y2 リニアエンコーダ 77 からの位置検出値の平均値をフィードバック入力 Y_{fb} とするフィードバック制御系による PID 補償を基本構成とする。このために、Y1 リニアエンコーダ 76 からの位置検出値と Y2 リニアエンコーダ 77 からの位置検出値とを加算するための加算器 81 と、加算された値の $1/2$ 、すなわち平均値を算出する演算器 82 と、Y 軸位置指令値と平均値との差を取る減算器 83 と、PID 補償器 84 とを含む。ここでは更に、追従性を向上させるためのフィードフォワード (以下、FF と呼ぶ) 補償器 85 を付加し、FF 補償器 85 の出力と PID 補償器 84 の出力とを加算器 86 で加算するようにしている。加算器 86 の出力は、推力指令値として Y1 リニアモータ 71 用のサーボアンプ 87 と、Y2 リニアモータ 72 用のサーボアンプ 88 に与えられる。

【0014】上記の第1の方式では、ステージのヨーイング運動に伴う誤差は検出されないため、その誤差を抑制する制御が行われない。ヨーイング運動に対する機械的剛性によって、その誤差の大きさが決まる。前述したように、ガイドレール61、62間の距離に対してYステージ63の静圧空気軸受け間の距離が短い構成ではヨーイング剛性が低いため大きなヨーイング誤差を生じる。また、Xステージ67の位置によってY方向可動部（Yステージ63及びXステージ67）の重心位置が移動するため、ヨーイング誤差の大きさはXステージ67の位置によって変動する。

【0015】第2の方式について図5を参照して説明する。図4と同じ部分については同一番号を付している。これはY1リニアモータ71のための制御系をY1制御系とし、Y2リニアモータ72のための制御系をY2制御系として個別に制御する方式である。

【0016】まず、Y1制御系は、Y軸位置指令値を指令入力 $Y_{r,r1}$ とし、Y1リニアエンコーダ71からの位置検出値をフィードバック入力 $Y_{f,bk1}$ とするフィードバック制御系によるPID補償を基本構成とする。ここでも、追従性を向上させるためにFF補償器85が付加されている。動作は、フィードバック入力異なることを除いて図4で説明した通りである。

【0017】一方、Y2制御系は、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値を指令入力 $Y_{r,r2}$ とし、Y2リニアエンコーダ77からの位置検出値をフィードバック入力 $Y_{f,bk2}$ とするフィードバック制御系によるPID補償で構成している。このために、Y2制御系は、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値 $Y_{r,r2}$ とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値 $Y_{f,bk2}$ とを加算する加算器91と、PID補償器92とを有する。

【0018】この第2の方式では、Y2リニアモータ72はY1リニアモータ71をマスターとしたスレーブ動作を行うため、マスタースレーブ制御方式とも呼ばれる。この第2の方式でも、Yステージ63のヨーイング運動に伴う誤差は検出されないため、その誤差を抑制する制御が行われない。Y方向移動時はY1リニアモータ71が常に先行する状態となり、移動時はヨーイング誤差を生じた状態となり、移動方向を逆転するとヨーイング誤差の方向も反転する。このときのヨーイング誤差の大きさを決定するのは機械的剛性である。また、Xステージ63の位置によってY方向可動部（Yステージ63及びXステージ67）の重心位置が移動するため、ヨーイング誤差の大きさはXステージ67の位置によって変動する。

【0019】第3の方式を図6を参照して説明する。図5と同じ部分には同一番号を付している。この第3の方式も、Y1リニアモータ71のための制御系をY1制御系とし、Y2リニアモータ72のための制御系をY2制御系として個別に制御する方式である。Y1制御系は図

5に示したものと同一であり、Y2制御系もY1制御系と同じ構成としている。

【0020】まず、Y1制御系は、Y軸位置指令値を指令入力 $Y_{r,r1}$ とし、Y1リニアエンコーダ71からの位置検出値をフィードバック入力 $Y_{f,bk1}$ とするフィードバック制御系によるPID補償を基本構成としている。一方、Y2制御系は、Y軸位置指令値を指令入力 $Y_{r,r2}$ とし、Y2リニアエンコーダ72からの位置検出値をフィードバック入力とするフィードバック制御系によるPID補償を基本構成としている。このために、Y2制御系は、Y軸位置指令値 $Y_{r,r2}$ とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値 $Y_{f,bk2}$ との差を演算するための減算器95と、PID補償器96とを含む。ここでも、追従性を向上させるためにFF補償器97を付加し、FF補償器97の出力とPID補償器96の出力とを加算器98で加算するようにしている。加算器98の出力は、推力指令値としてY2リニアモータ72用のサーボアンプ88に与えられる。

【0021】この第3の方式では、Y1リニアモータ71とY2リニアモータ72を独立のモータとして考え、制御を行う。このため、Yステージ63のヨーイング運動に伴う誤差も各モータの並進方向の誤差として検出され、制御される。しかし、実際にはY1リニアモータ71とY2リニアモータ72は機械的に結合しているため、両方の制御系は機械剛性によって干渉する。このため、独立に制御を行うことは原理的に問題があり、これは、位置決め精度及び応答性を向上させるために制御ゲインを上げた場合に顕著に表れる。機械剛性で結合された片方のリニアモータの挙動が他方のリニアモータへの外乱として作用するため、制御系の安定性を劣化させるという問題である。

【0022】Xステージ67の位置が中央にある場合は、Y1制御系とY2制御系の応答性が完全に一致していれば原理的には、モータ推力による干渉はない。しかし、ステージに対し、何らかの外乱力が加わった場合、その力で生じるヨーイング運動はリニアモータ間の干渉を発生させる。また、Xステージ67の位置によって可動部の重心位置が移動するため、この干渉成分は変動しヨーイング誤差も変動する。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】更に、上記の3つの方式の共通の問題点として、各ステージへの給電ケーブル・空気配管等のテンション、リニアモータの推力リップルといった外乱による位置決め精度・定速性への影響がある。

【0024】このような外乱要素に対してはフィードバック制御系の制御ゲインを高くすることによって、誤差を低減しなければならない。しかし、ステージ機構の機械共振周波数あるいは制御のためのコントローラの演算時間などによって決定される制御系の安定性の限界から

設定できる制御ゲインには上限があり、実際にはこのような外乱要素によって位置決め誤差あるいは速度変動を生じる。

【0025】そこで、本発明の課題は、工作機械、半導体製造装置、計測装置等の各種産業機器の構成要素である位置決めステージ機構に適し、その位置決め精度、定速性の向上を図ることのできるステージ位置制御方法を提供することにある。

【0026】本発明の他の課題は、上記のステージ位置制御方法に適したステージ位置制御装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、ステージを搭載して一軸方向に駆動される駆動軸を独立に制御可能な第1、第2の駆動系により並進駆動可能とし、前記第1、第2の駆動系による移動量をそれぞれ第1、第2の位置検出器により検出して第1、第2のフィードバック制御系によりそれぞれ前記第1、第2の駆動系を制御するステージ位置制御方法において、前記第1のフィードバック制御系は、前記第1、第2の位置検出器によって計測される各位置検出値の平均値をステージ並進方向の位置フィードバック値として受けることにより前記第1、第2の駆動系に並進推力指令値を出力し、前記第2のフィードバック制御系は、前記各位置検出値の差をステージヨーイング方向の位置フィードバック値として受けて前記第1、第2の駆動系にヨーイング方向推力指令値を出力することにより、ステージの運動を並進方向運動とヨーイング方向運動とに分離して独立に制御補償することとを特徴とするステージ位置制御方法が提供される。

【0028】本ステージ位置制御方法においては、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値とを加算して前記第1の駆動系に出力すると共に、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値との差を算出して前記第2の駆動系に出力することにより推力の非干渉化を実現することができる。

【0029】本発明によればまた、ステージを搭載して一軸方向に駆動される駆動軸を独立に制御可能な第1、第2の駆動系により並進駆動可能とし、前記第1、第2の駆動系による移動量をそれぞれ第1、第2の位置検出器により検出して第1、第2のフィードバック制御系によりそれぞれ前記第1、第2の駆動系を制御するステージ位置制御装置において、前記第1、第2の位置検出器によって計測される各位置検出値の平均値を算出してステージ並進方向の位置フィードバック値として前記第1のフィードバック制御系に出力すると共に、前記各位置検出値の差を算出してステージヨーイング方向の位置フィードバック値として前記第2のフィードバック制御系に出力する座標変換ブロックを備え、前記第1のフィードバック制御系は、ステージ並進方向の位置指令値と前

記ステージ並進方向の位置フィードバック値との差を算出する第1の減算器と、該第1の減算器で算出された差を入力として推力目標値を出力する第1のPID補償器と、前記推力目標値から算出される並進推力指令値と前記ステージ並進方向の位置フィードバック値とに基づいてステージ推定外乱力を演算する外乱オブザーバと、演算された前記ステージ推定外乱力を前記推力目標値から差し引くことにより新たな並進推力指令値を算出して前記第1、第2の駆動系に出力する第2の減算器とを含み、前記第2のフィードバック制御系は、ステージヨーイング方向の指令値と前記ステージヨーイング方向の位置フィードバック値との差を算出する第3の減算器と、該第3の減算器で算出された差を入力としてヨーイング方向推力指令値を前記第1、第2の駆動系に出力する第2のPID補償器とを含むことを特徴とするステージ位置制御装置が提供される。

【0030】本ステージ位置制御装置においては、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値とを加算して前記第1の駆動系に出力する第1の加算器と、前記並進推力指令値と前記ヨーイング方向推力指令値との差を算出して前記第2の駆動系に出力する第4の減算器とから成る推力非干渉化ブロックを更に備えることにより、推力の非干渉化を実現することができる。

【0031】前記外乱オブザーバは、前記並進推力指令値をローパスフィルタにてフィルタリングした推力指令推定値と、ステージの逆モデル及びローパスフィルタにて前記ステージ並進方向の位置フィードバック値より推定した入力推力推定値との差分により前記ステージ推定外乱力を演算することとを特徴とする。

【0032】なお、前記ステージ並進方向の位置指令値を入力とするフィードフォワード補償器と、該フィードフォワード補償器の出力と前記第1のPID補償器の出力とを加算して前記推力目標値として出力する第2の加算器とを更に備えることが望ましい。

【0033】前記第1、第2の駆動系はそれぞれリニアモータで構成され、前記第1、第2の位置検出器はそれぞれリニアエンコーダであることが好ましい。

【0034】

【作用】本発明では、独立に制御可能な第1、第2の駆動系と第1、第2の位置検出器とが、ある一定距離において配置され構成される駆動軸（ガントリ軸）において、ステージのヨーイングによる誤差の発生を抑制し、ステージに働く外乱力を補償することで、ステージの位置決め精度を向上させることができる。

【0035】また、ステージの運動を一軸方向への並進運動とヨーイング運動とに分離して制御補償することで、ステージの並進運動精度だけでなく、ヨーイング運動精度の向上を図っている。更に、並進運動については機構に働く外乱トルクを推定し補償することで、ステージの速度変動及び位置変動を抑制している。

【0036】

【発明の実施の形態】図1、図2を参照して、本発明の実施の形態について説明する。本発明による制御装置の構成を図1に示す。図1において、ステージ機構の構成は、図3で説明したものと同一とする。本発明による制御装置の制御系は、座標変換ブロック10、Y1リニアモータ71をフィードバック制御するためのY（ステージ並進方向）制御系20、Y2リニアモータ72をフィードバック制御するための θ （ステージヨーイング方向）制御系30、推力非干渉化ブロック40より構成される。

【0037】座標変換ブロック10は、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値とを加算する加算器10-1と、その加算結果の $1/2$ 、すなわち平均値を演算する演算器10-2とを含み、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値の平均値によりY方向並進位置を算出し、Y制御系へのフィードバック入力 Y_{fbk} とする。座標変換ブロック10はまた、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値の差を演算する減算器10-3を有し、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値の差によりヨーイング方向位置を算出し、 θ 制御系30へのフィードバック入力 θ_{fbk} とする。

【0038】Y制御系20は、Y軸位置指令値を指令入力 Y_{ref} とし、これとフィードバック入力 Y_{fbk} との差を演算する減算器（第1の減算器）20-1と、その加算結果を入力とするPID補償器（第1のPID補償器）20-2と、指令入力 Y_{ref} を入力とするFF補償器20-3と、PID補償器20-2の出力とFF補償器20-3の出力とを加算して推力目標値 F_{ref} を算出する加算器20-4と、加算器20-5及び外乱オブザーバ20-6とを有する。すなわち、Y制御系20は、Y軸位置指令値を指令入力 Y_{ref} とし、座標変換ブロック10からのフィードバック入力 Y_{fbk} をフィードバック入力とするフィードバック制御系を構成するPID補償器20-2と外乱オブザーバ20-6とを基本構成とする。FF補償器20-3は、前述したように、追従性を向上させるためのものであり、削除される場合もある。Y制御系20は、PID補償器20-2と外乱オブザーバ20-6及びFF補償器20-3によりY方向並進推力指令値 $F_{...}$ を算出する。

【0039】 θ 制御系30は、 θ 軸位置指令値を指令入力 θ_{ref} としてこれと座標変換ブロック10からのフィードバック入力 θ_{fbk} との差を演算する減算器（第3の減算器）30-1と、PID補償器（第2のPID補償器）30-2とを有する。すなわち、 θ 制御系30は、 θ 軸位置指令値を指令入力 θ_{ref} とし、座標変換ブロック10からのフィードバック入力 θ_{fbk} をフィードバック

ク入力とするフィードバック制御系をPID補償器30-2で構成する。 θ 制御系30は、PID補償器30-2により θ 方向推力指令値 $F_{...}$ を算出する。

【0040】推力非干渉化ブロック40は、加算器（第1の加算器）40-1によりY方向並進推力指令値 $F_{...}$ と θ 方向推力指令値 $F_{...}$ との和を演算してY1リニアモータ71への推力指令値 $F_{...1}$ を算出する。推力非干渉化ブロック40はまた、減算器（第4の減算器）40-2によりY方向並進推力指令値 $F_{...}$ と θ 方向推力指令値 $F_{...}$ との差を演算してY2リニアモータへの推力指令値 $F_{...2}$ を算出する。推力指令値 $F_{...1}$ 、 $F_{...2}$ はそれぞれ、サーボアンプ51、52を通してY1リニアモータ71、Y2リニアモータ72へ与えられる。

【0041】外乱オブザーバ20-6は、Y方向並進推力指令値 $F_{...}$ を入力とするローパスフィルタ20-61と、フィードバック入力 Y_{fbk} を入力とする入力推力推定フィルタ20-62と、入力推力推定フィルタ20-62の出力とローパスフィルタ20-61の出力から推定外乱力 $e F_d$ を演算する減算器20-63とで構成される。

【0042】Y制御系20における減算器（第2の減算器）20-5は、推力目標値 F_{ref} から推定外乱力 $e F_d$ を減算してY方向並進推力指令値 $F_{...}$ を出力する。

【0043】次に、本制御装置の作用について説明する。座標変換ブロック10は、Y1リニアエンコーダ76からの位置検出値とY2リニアエンコーダ77からの位置検出値をYステージ63のY方向並進位置 Y_{fbk} とヨーイング方向位置 θ_{fbk} に座標変換する。また、推力非干渉化ブロック40は、Y方向並進推力指令値 $F_{...}$ と θ 方向推力指令値 $F_{...}$ を、Y1リニアモータ71への推力指令値 $F_{...1}$ とY2リニアモータ72への推力指令値 $F_{...2}$ に変換する。このため、座標変換ブロック10と推力非干渉化ブロック40の間ではY方向並進運動とヨーイング方向運動は分離されており、2つの自由度の運動に対する制御補償が独立な制御系として設計・調整可能になる。

【0044】2つの自由度に対して独立な制御系を構成するため、Y方向並進運動に対しては外乱オブザーバ20-6により外乱力補償が行える。

【0045】外乱オブザーバ20-6の原理を図2を参照して説明する。まず、Yステージ63のY方向並進運動はリニアモータで発生するY方向並進推力 $F_{...}$ と、Y方向外乱力 F_d によって駆動される慣性体（M）の運動である。これは伝達関数表現により、 $M \cdot s^2 \cdot Y_{fbk} = F_{...} + F_d$ と表される。これより外乱力は、 $F_d = M \cdot s^2 \cdot Y_{fbk} - F_{...}$ で計算できる。ただし、実際のY方向並進推力指令値 $F_{...}$ とフィードバック入力 Y_{fbk} はノイズ成分を含むた

め、上式を直接用いると制御系の安定性が劣化する。このため、ローパスフィルタ20-61によって外乱を抑制する帯域を制限し、推定外乱力 eF_d を計算する。ローパスフィルタ20-61はY方向並進推力指令値 F_{\dots} を外乱抑制したい周波数帯域でフィルタリングする。入力推力推定フィルタ20-62は、Yステージ63の公称伝達関数 $M_{\dots} \cdot s^2$ に基づいてフィードバック入力 Y_{\dots} より入力推力を推定する。この入力推力推定フィルタ20-62もローパスフィルタ20-61と同様のフィルタ特性を持たせ、外乱抑制したい周波数帯域の入力推力のみを算出する。ローパスフィルタ20-61でフィルタリングされた推力指令と、入力推力推定フィルタ20-62からの推定入力推力との差を減算器20-63で演算することにより推定外乱力 eF_d を算出する。ローパスフィルタ20-61の特性を $G(s)$ とすると、上記の演算は以下の式で表される。

$$【0046】 eF_d = G(s) \cdot M \cdot s^2 \cdot Y_{\dots} - G(s) \cdot F_{\dots}$$

ただし、

$$G(s) = \omega^2 / (s^2 + 2\zeta \cdot \omega \cdot s + \omega^2)$$

である。

【0047】上式に基づき演算された推定外乱力 eF_d を用い、外乱力を打ち消すように推力目標値 F_{\dots} にフィードバックし、Y方向並進推力指令値 F_{\dots} を算出する。

【0048】以上、本発明の好ましい実施の形態を説明したが、本発明が適用されるステージ機構の駆動系はリニアモータに限定されず、あらゆるアクチュエータを用いても可能である。また、ステージ機構の案内系は静圧空気軸受けに限定されず、リニアベアリング等の機械接触式の案内系を用いても良い。

【0049】

【発明の効果】本発明によれば、2つの自由度に対して独立な制御系を構成するため、Y方向並進運動に対しては外乱オブザーバにより外乱力補償が行え、ステージの給電ケーブル・空気配管等のテンション、モータの推力リップルといった外乱による位置決め精度・定速性への影響を低減できる。

【0050】また、ヨーイング方向運動に対しても、機

械構造による干渉等を考慮した制御補償が可能となり、Y方向移動時のヨーイング誤差を低減できる。

【0051】更に、Xステージ位置に応じて θ 方向制御ゲインを変換することにより、ヨーイング誤差の変動を低減できる。また、 θ 軸位置指令値を与えることにより積極的にヨーイング方向位置を移動させることも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるステージ位置制御装置の構成を示した図である。

【図2】図1における外乱オブザーバの原理を説明するための図である。

【図3】本発明が適用されるステージ機構の一例を示した図である。

【図4】図3のステージ機構に適用される従来の位置制御装置の第1の例の構成を示した図である。

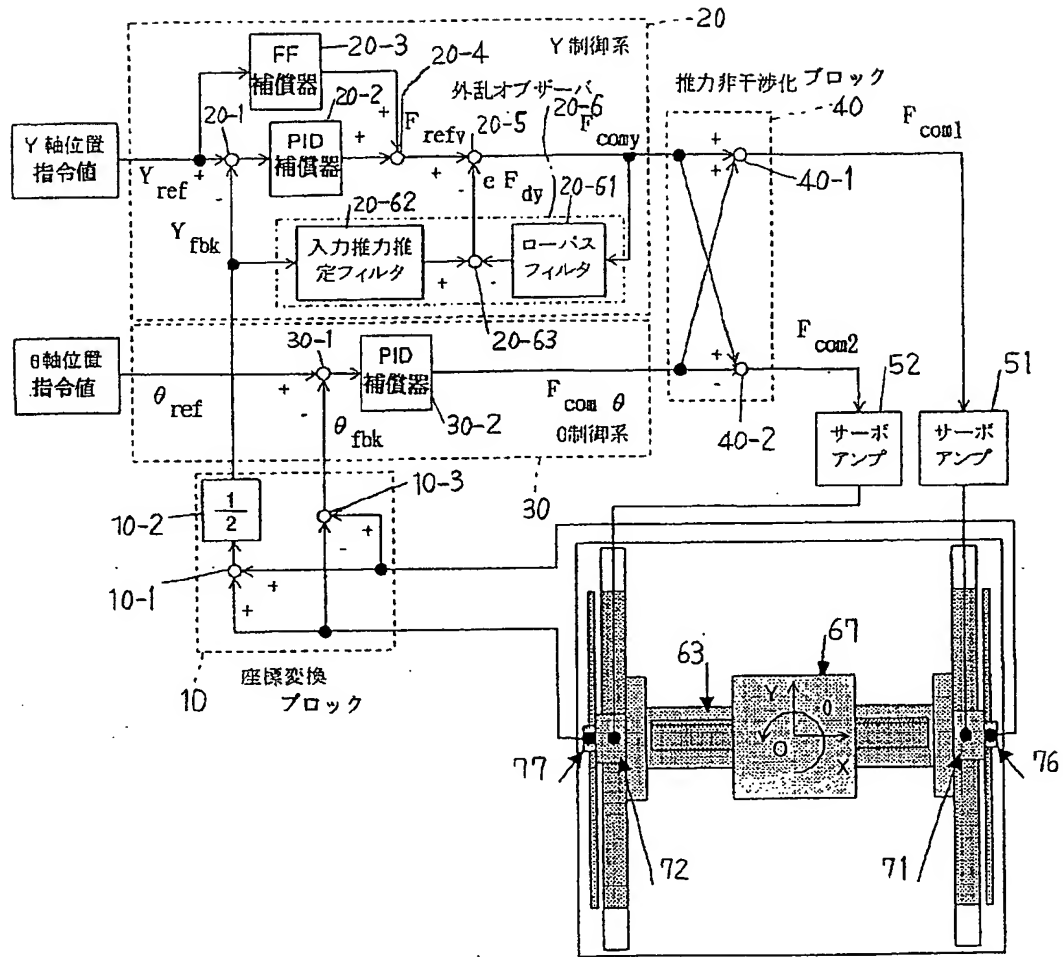
【図5】図3のステージ機構に適用される従来の位置制御装置の第2の例の構成を示した図である。

【図6】図3のステージ機構に適用される従来の位置制御装置の第3の例の構成を示した図である。

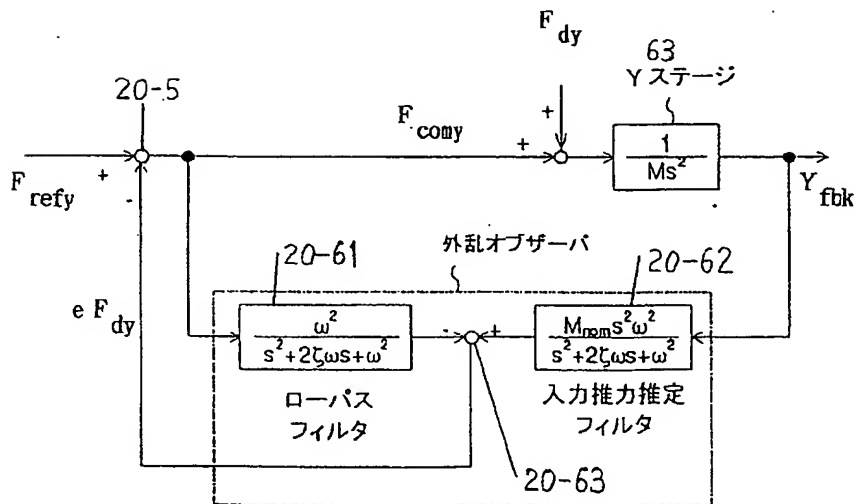
【符号の説明】

- 60 ベース
- 61、62 ガイドレール
- 63 Yステージ
- 64 継ぎ手
- 65、66-1~66-3 静圧空気軸受けパッド
- 69-1~69-4
- 70-1~70-3 静圧空気軸受けパッド
- 67 Xステージ
- 71 Y1リニアモータ
- 72 Y2リニアモータ
- 73 Xリニアモータ
- 74 Y1リニアスケール
- 75 Y2リニアスケール
- 76 Y1リニアエンコーダ
- 77 Y2リニアエンコーダ
- 78 Xリニアスケール
- 79 Xリニアエンコーダ

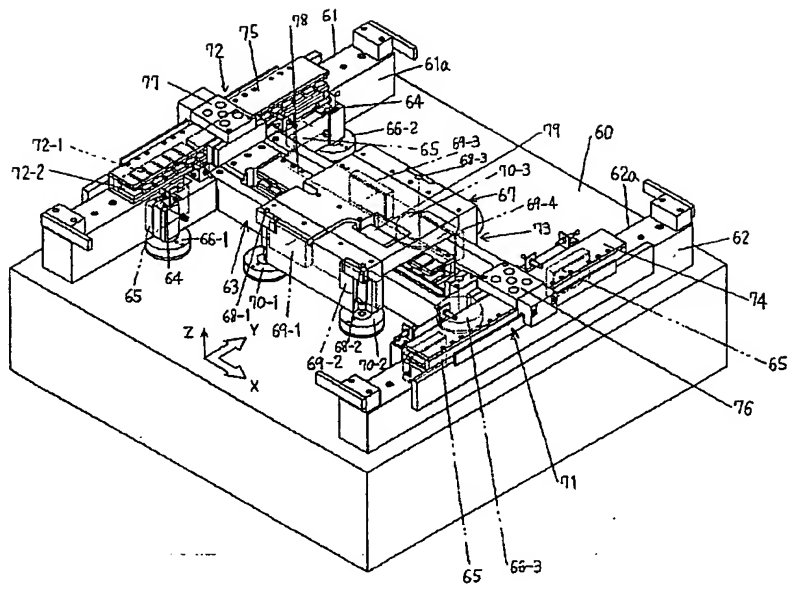
【図 1】



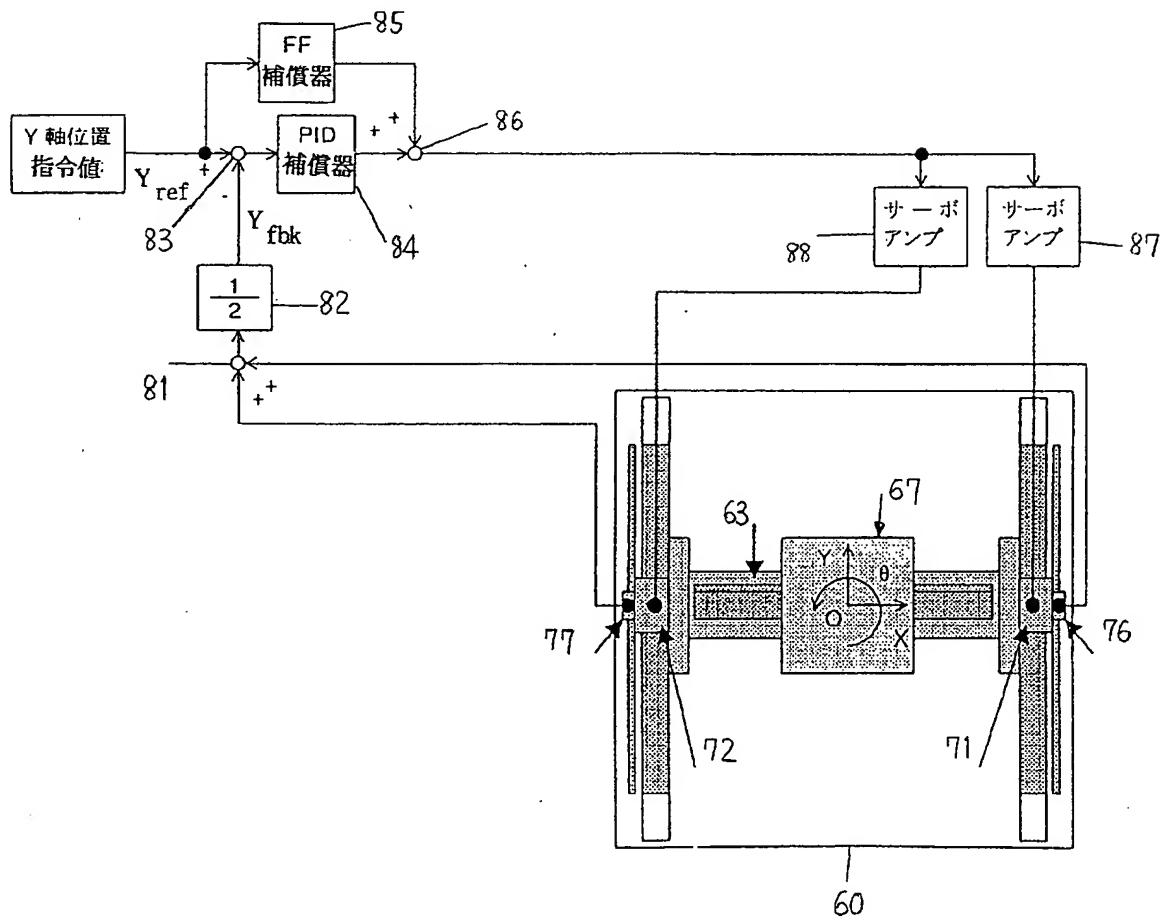
【図 2】



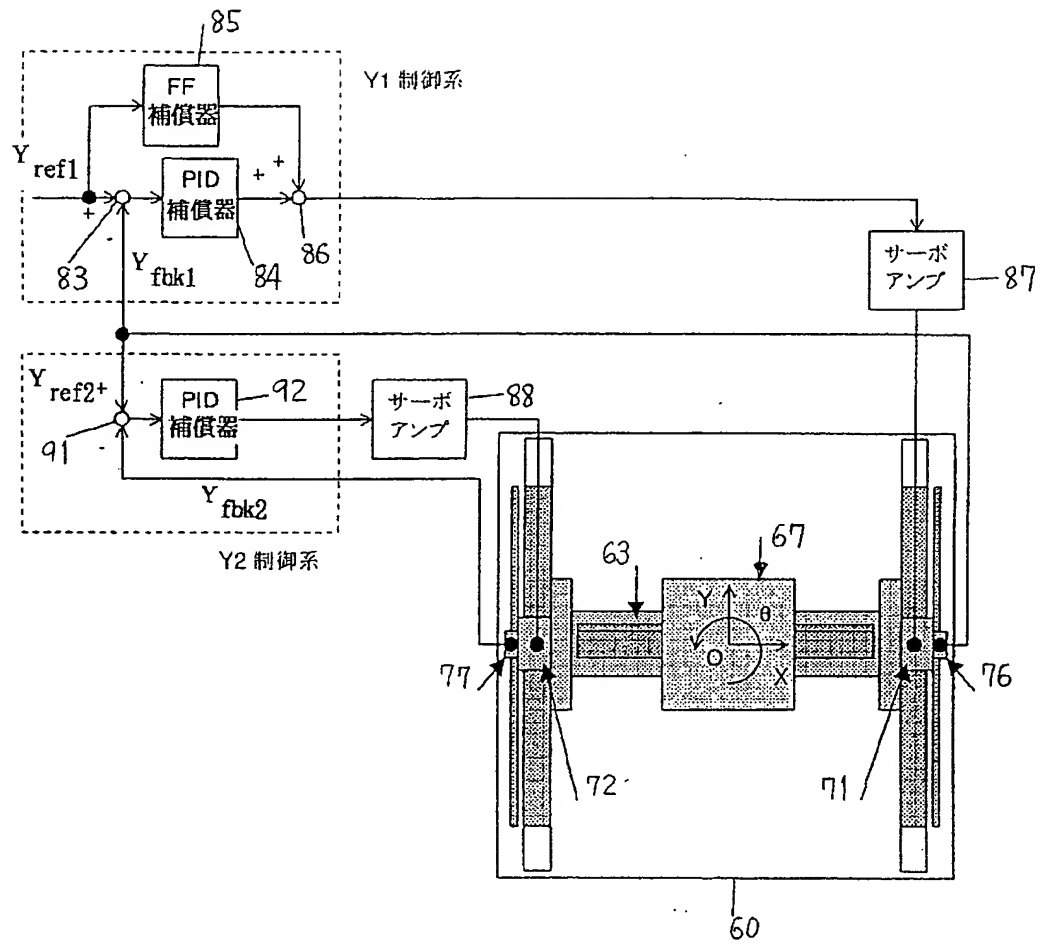
【図 3】



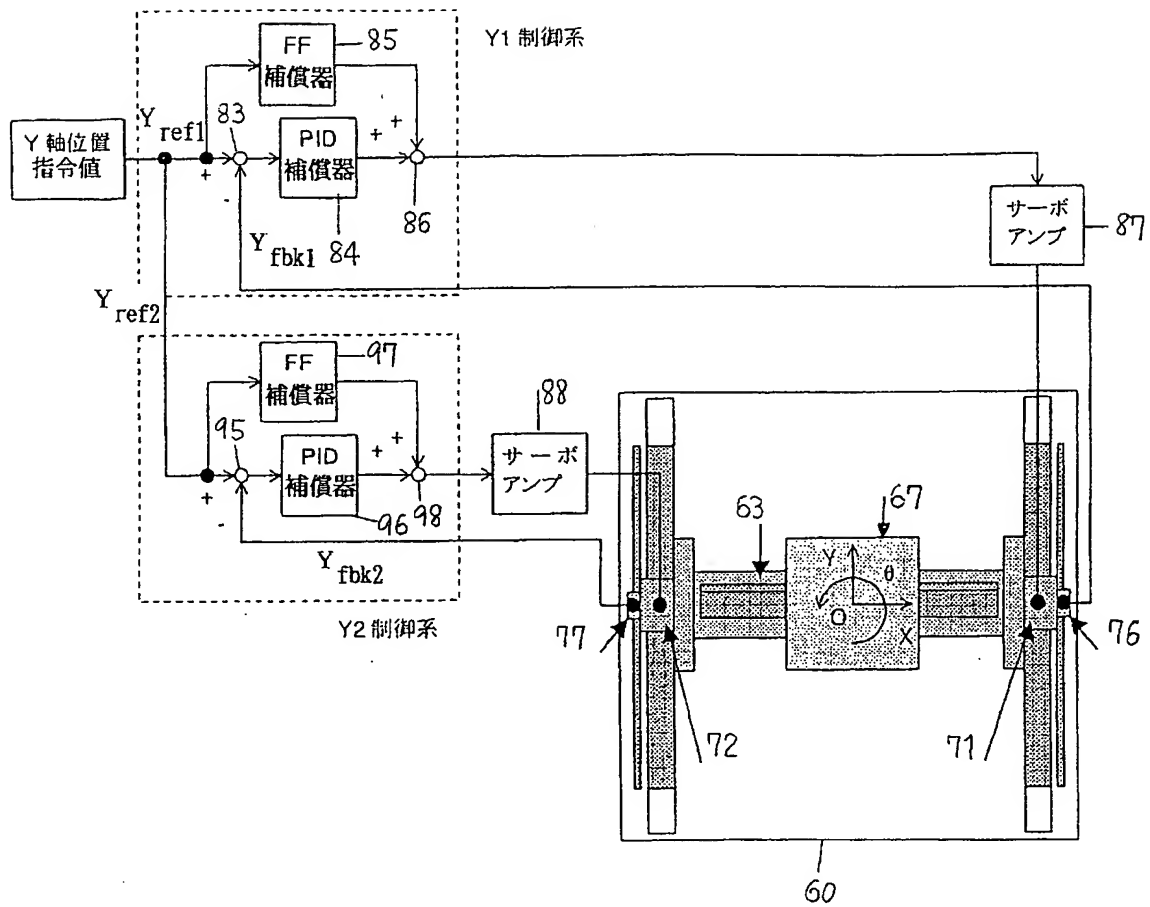
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 5 B 11/36	5 0 7	G 0 5 B 11/36	5 0 7 H
		13/02	C
G 1 2 B 5/00		G 1 2 B 5/00	T
		B 2 3 Q 1/14	B
		1/30	

(72) 発明者 森 英彦
 神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
 機械工業株式会社平塚事業所内

F ターム(参考) 2F078 CA08 CB05 CB13 CC11
3C048 BB12 CC17 DD06
5H004 GB15 HA07 HB07 JA22 JB08
JB18 JB20 JB22 KA71 KB13
KB32 LA15 LA18 MA12
5H303 AA01 AA20 BB01 BB07 BB11
BB14 BB17 CC04 DD04 FF03
KK01 KK02 KK03 KK04 KK11
KK28 MM05
9A001 KK32 KK37 KK54